

태권도 품새 우수·비 우수선수 간 학다리서기의 균형성 비교

류지선¹ · 류시현² · 박상균³ · 윤석훈⁴

¹한국체육대학교 생활체육대학 운동건강관리학과 · ²한국체육대학교 대학원 체육학과

³한국체육대학교 스포츠과학대학 체육학과 · ⁴한국체육대학교 생활체육대학 사회체육학과

Comparisons between Skilled and Less-Skilled Players' Balance in Hakdariseogi

Ji-Seon Ryu¹ · Si-Hyun Yoo² · Sang-Kyoon Park³ · Suk-Hoon Yoon⁴

¹Department of Health and Exercise Science, College of Lifetime Sport of Korea National Sport University, Seoul, Korea

²Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, Seoul, Korea

³Department of Physical Education, College of Sport Science of Korea National Sport University, Seoul, Korea

⁴Department of Community Sport, College of Lifetime Sport of Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 27 January 2012; Received in revised form 5 March 2012; Accepted 19 March 2012

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the balance differences between skilled players and less-skilled players during Hakdariseogi motion of Keumgang Poomsae in Taekwondo. To achieve the study goal, total of 10 Taekwondo athletes; 5 skilled players(S, body mass: 67.0±5.7 kg, height: 174.0±4.8 cm, age: 20.0±2.0 yrs) and 5 less-skilled players(LS, body mass: 73.0±4.9 kg, height: 176.4±6.1 cm, age: 20.8±1.3 yrs) participated in this study. A three-dimensional motion analysis with 8 infrared cameras and one force plate whose sampling frequency as 30 Hz and 300 Hz, respectively, were performed. Participants' motion were divided into three phases which were preparation phase(P1), performing phase(P2) and maintaining phase(P3). The range and velocities of COP, the range and RMS of ground reaction torque and displacement between COM and center of BOS of each phase were computed. In this study, at P1 and P3 which were double and single stance, respectively, the range and M-L velocities of COP revealed significantly higher in LS compared with those of S($p<.05$). At P2 which was single stance, LS indicated significantly higher in range of COP and ground reaction torque, and M-L velocities of COP than those of S($p<.05$). The significantly shorter displacement between COM and center of BOS, however, was found in LS compared with that of S($p<.05$). The results from our study indicated that S revealed more stable performance and a better posture control ability during performing Hakdariseogi motion.

Keywords : COP, COM, BOS, Balance, Taekwondo, Keumgang Poomsae, Hakdariseogi

I. 서 론

태권도는 크게 품새와 겨루기, 격파로 구분된다. 품새는 상대를 가상에 놓고 공격과 방어기술을 수련자 스스로 연마할 수

있도록 일정한 틀로 구성된 기술체계이며, 겨루기는 품새를 통해 익힌 공격과 방어 기술을 응용하여 실제로 상대방과 대결하는 기술이다(Korea Taekwondo Association, 2010). 태권도 교본에 따르면, 기술적인 측면에서 품새가 곧 태권도이며, 기본동작은 품새 동작의 바탕이고 겨루기는 품새의 실전 응용동작이라 명시되어 있다. 또한 태권도 정신은 문자로 표현되는 상징적이고 추상적인 정신철학에 있지 않고 품새에 의한 행동 속에서 찾아진다(Kukkiwon, 2006). 따라서 품새는 태권도를 대표하는 것이며, 태권도 수련에 있어서 가장 근본이라 할 수 있다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부) 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-413-G0007).

Corresponding Author : Si-Hyun, Yoo
Korea National Sport University,
1239, Yangjae, Songpa-gu, Seoul, 138-763, Korea
Tel : +82-10-5467-5834 / Fax : +82-2-410-6638
E-mail : hope222ysh@knsu.ac.kr

태권도 품새 경기는 1992년 대한태권도협회에서 주관한 태권도한마당을 시작으로 현재 전국 규모의 품새 대회가 연간 10개 이상 개최되고 있다. 또한 2006년부터 세계태권도품새선수권대회가 매년 개최되고 있으며, 유니버시아드대회와 아시아태권도선수권대회에서도 품새 종목이 신설되어 국제화가 가속되고 있다. 품새 수련에 대한 관심이 증대되고 품새 선수들의 실력이 점차 평준화되어감에 따라 한 번의 실수가 승패를 결정하는 요인으로 작용하고 있다. 특히, 동작의 균형성이 요구되는 금강 품새의 학다리서기는 선수들에게 부담이 되고 있다. 금강 품새에서 4회 나오는 학다리서기는 한 번의 흔들림으로 승패에 직결되는 경우가 많아, 태권도 교본에서 학다리서기가 외다리 서기 때문에 중심잡기에 어려움이 있으며, 중심유지 운동에 도움이 된다고 명시하고도 있다(Kukkiwon, 2006).

국내 품새 경기는 일반적으로 매 경기마다 전자 추침을 통해 7개의 품새 중에 2개의 품새가 지정되며, 금강 품새가 나올 확률은 28.56%로 세 경기 중 한 번은 실시하게 된다. 채점은 10점 만점제로 정확성(3.0), 숙련성(4.0), 표현성(3.0)을 세부 항목으로 하며(Korea Taekwondo Association, 2010), 그 중 가장 큰 배점을 차지하고 있는 숙련성은 균형과 동작의 크기로 평가된다.

품새 경기 채점기술지침에 따르면, 균형은 개별동작 수행과정에서 나타나는 중심이동의 안정성과 상하·좌우·전후의 자세균형, 자세와 손·발동작 간의 적절한 조화와 균형 그리고 동작의 연결과정에서 나타나는 중심이동의 안정성으로 정의된다. 따라서 기술동작을 통하여 목표점에 힘을 발휘하는 과정에서 중심을 잃지 않고 체중을 실어 동작을 수행하는 능력이 균형평가의 한 요소이다. 또한, 난이도 높은 동작을 수행하면서 그 과정과 수행직후에 중심을 잃지 않고 안정된 움직임을 표현하는 능력도 균형평가의 요인이 된다(Korea Taekwondo Association, 2010).

자세의 안정과 균형은 인체에 어떠한 움직임이 일어났을 때, 인체를 평형점에 가까이 회복시키려는 능력으로 정의되며, 불안정한 자세가 자체조절시스템에 의해 안정된 자세로 되돌아오는 것을 말한다(Karlsson & Frykberg, 2000). 자세조절과 균형유지 능력은 전정기관, 시각적 지각, 수용 감각기, 이 세 기능의 복합적 상호작용으로 이루어지며, 움직임 조절능력의 넓은 개념으로 볼 수 있다(Hahn, Foldspang, Vestergaard & Ingemann, 1999). 특히, Mak & Ng(2003)가 언급하였듯, 학다리서기를 구성하는 외발서기의 경우 한 다리와 좌우 좁은 기저면 위에서 체중을 의지하며 균형을 유지해야 하기 때문에 움직임에 있어 특별한 과제라고 할 수 있다.

일반적으로 외발서기는 균형성 검사방법으로 활용되고 있다. 외발서기 관련 논문을 살펴보면, 외발서기를 포함한 자세조절 검사가 노인의 균형성과 발목부상에 대한 의학적 평가와 관련되어 있다고 하였으며(King & Zatsiorsky, 2002), Jonsson, Seiger

& Hirschfeld(2004)는 외발서기에서 건강하고 젊은 사람에 비해 노인들이 정적자세를 유지하기 어려운 이유가 노인들의 근골격계 능력 감소에 따른 것이라고 보았으며, 외발서기의 균형성 평가 시 처음 5초가 결정적인 영향을 미친다고 주장하였다. Deun et al.(2007)은 만성 발목 불안정을 지닌 사람들을 일반인들과 비교하여 두발서기 자세에서 외발서기 자세로 이동 시 발목뿐만 아니라 근위 부분까지의 근육활동이 비교적 늦게 시작되고 근육 활성화도가 낮게 나타난다고 보고하였다. 한편, Suponitsky, Verbitsky, Peled & Mizrahi(2008)는 정강이 근육의 피로도가 외발서기 흔들림에 미치는 효과를 분석한 결과, 근육의 불균형은 자세의 흔들림을 증가시키고 근육 활동이 불균형 평가 관련 변인들과의 상관관계가 증가됨을 보고하였다. 또한 서기자세의 균형성이 스포츠 활동과 밀접한 관계가 있다는 연구(Hahn, Foldspang, Vestergaard & Ingemann, 1999)가 있었으며, 신체활동 및 스포츠 활동과 외발서기 균형성의 관계를 살펴본 연구 중 Mak & Ng(2003)와 Mao, Li & Hong(2006)은 태극권 외발서기 수련이 외발서기의 균형성과 자세 조절능력에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보고하였고 이 연구를 통해 낙상예방과 신체적으로 활동적인 생활방식 촉진을 위한 프로그램 개발에 유용한 정보로 활용될 것이라고 주장하였다. Youm, Park & Seo(2008)은 눈뜨고·눈감고 외발서기에서 요가수련과 시각적 기능이 균형제어 능력 개선에 영향을 미친다고 언급하였다. 그 밖에 외발서기 동작의 운동역학적 연구로는 Chung, Joe & Bae(1994)가 한국 무용 춤사위 중 외발서기 동작의 운동역학적 변인들을 조사하여 외발서기 동작의 안정성을 이루는 원리를 연구하였는데, 외발서기 동작이 안정된 순간 신체 중심의 높이가 낮아지면서 안정성이 높아진다고 보고하였다.

이러한 신체의 균형성을 검사하는 평가기구로 가장 흔히 쓰이고 있는 것이 압력판이다. 압력판에 의해 평가된 동작의 균형성은 주로 COP(center of pressure)의 변화를 수량화한 형태로 나타나며, COP는 합수직력의 작용점으로 정의된다(Doyle, Hsiao-Wechsler, Ragan & Rosengren, 2007). COP는 섬세한 움직임의 표현으로 주로 지지면 위에 나타나는 COP 크기로 묘사되며, COP 움직임 방향, 형태, 범위 그리고 평균속도가 주된 평가 요인이다(Rocchi, Chiari & Cappello, 2004).

또한, 신체중심의 위치 정보를 이용하여 동작의 균형성을 평가할 수 있다. COM(center of mass)은 보통 체중이 한 점에 집중되어 있다고 가정된 점으로 정의된다(Lafond, Duarte & Prince, 2004). 일반적으로 균형성의 조건은 기저면 안에 COM이 위치하는 것이며, 서기 자세의 균형유지를 위해서는 COM이 BOS(base of support) 중심에 위치하는 것이 바람직하고 COM이 BOS 중심에서 가까울수록 안정된 상태로 판단된다. 하지만 움직이는 COM이 BOS 안에 위치하거나 정지한 COM이 BOS 밖에 위치하는 경우가 있다. 따라서 BOS에 대한 COM의 움직임 방향과

거리를 통해 균형성을 평가할 수 있다(Pai & Patton, 1997). 게다가 이동 시 BOS와 관련된 순간적 COM 위치와 COM 속도 벡터는 정적·동적 균형성을 유지하는 방법을 제시해 준다(Lugade, Lin & Chou, 2011).

이상 선행 연구를 통해 언급한 바와 같이 외발서기의 균형성에 관한 연구는 연령차, 관절 및 근육의 불안정성, 균형성 검사뿐만 아니라 신체활동 및 스포츠 활동과의 상관관계, 운동역학적(kinetic) 접근 등을 통해 다양하게 이루어지고 있다.

그러나 압력판과 신체중심을 이용한 태권도 동작의 균형성 연구는 미비한 실정이다. 특히, 태권도 품새 경기에서 균형성은 중요한 평가기준임에도 불구하고, Yang(1977)의 태권도 차기 동작의 안정성에 관한 연구 이후로는 태권도 동작의 균형성 연구는 아주 미흡한 실정이다. 또한 기존 연구들은 태권도 기본서기 자세나 기본 손동작에 관한 연구(Ko, 2007; Koo, 2010; Park, 2007; Lee, 2007; Choi, 2004)에 국한되어 있어 품새 선수들의 경기력 향상을 위해서는 한계점이 있다.

따라서 품새 대회가 점차 세계화되고 있는 현 추세에서, 품새 경기의 승패와 밀접한 관계를 맺고 있는 학다리서기에 대한 균형성 연구는 매우 의미 있는 일이라 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 2010, 2011년도 전국대회 입상경력의 유무에 따라 우수·비 우수선수로 나누어 금강 품새 학다리서기 금강막기 동작 시 지면반력에 의해 도출된 COP 요인들을 기반으로, 균형성 결정 변인인 COP의 움직임 범위와 속도, 유리 토크 변동 범위를 관찰하고 BOS 중심에 대한 COM의 거리를 분석하여 학다리서기의 불안정성과 자세 유지를 위한 움직임을 판단하는데 그 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구를 위해 실험에 참여한 대상자는 K대학교 태권도 품새 선수 중에서 2010, 2011년 전국대회 입상유무에 따라 우수선수 5명(체중 평균: 67.0±5.7 kg, 신장 평균: 174.0±4.8 cm, 나이 평균: 20.0±2.0 yrs)과 비 우수선수 5명(체중 평균: 73.0±4.9 kg, 신장 평균: 176.4±6.1 cm, 나이 평균: 20.8±1.3 yrs)으로 선정하였다.

2. 실험 절차

금강 품새를 처음부터 진행하는 과정에서 태권도 학다리서기의 균형성을 조사하였다. 실험에 참여한 연구 대상자들은 상의를 탈의하고 하의는 검정색 타이즈를 착용하게 하였으며, 실험 전에 20~30분간 충분한 워밍업을 할 수 있도록 하였다. 우선

학다리서기의 지지발이 지면과 같은 높이에 설치된 압력판(Kistler, Type9286A, Switzerland; Resolution 10.06.3N/bit, Natural fre.1300)에 정확히 올라갈 수 있도록 대상자마다 시작점을 정했다. 반사마커는 <Figure 1>과 같이 인체관절의 중심점과 기저면 측정을 위한 부분(toe, heel & metatarsal-phalangeal joint)에 각각 지름 0.01 m인 마커 24개를 부착하였다(Lugade, Lin & Chou, 2011). 각 대상자의 관절점과 기저면 좌표를 얻기 위해 8대의 적외선 카메라(Oqus 300, Qualisys)를 대상자의 움직임 방해되지 않는 범위에 설치하였다. 전역 좌표계 설정을 위해 길이가 알려진 4개의 마커를 지닌 L자형의 프레임(frame)을 압력판 오른쪽 후방에 고정했으며, 방향은 상방 수직축을 +Z, 운동 방향 축을 +Y, +Y축에서 +Z축으로의 크로스를 +X로 취하는 오른쪽 계를 이용하였다(Ryu, 2009). 또한, 게인(gain)은 4000, 전압 범위는 ±10 V 범위로 설정하였다. 지면반력의 캘리브레이션(calibration)은 Kistler사에서 채널(channel)별, 렌지(range)별로 사전에 조율된 측정값을 이용하였다(Ryu, 2010a). 이 때 샘플링율은 카메라 30 Hz, 압력판 300 Hz로 설정하였고, 각 대상자 별로 금강 품새를 10회 실시하였다.

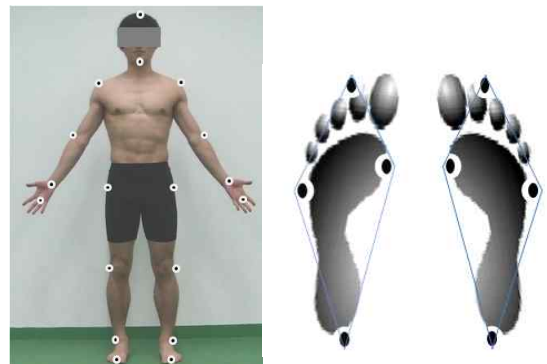


Figure 1. Marker set.

3. 자료분석

학다리서기 시 획득된 지면반력 자료는 다음과 같은 신호처리를 한 후 균형성을 판단하는 요인들을 산출하였다. 우선 모든 값에서 처음 10점(point)까지의 평균값을 빼서 신호에 포함된 바이어스(bias)를 제거하였다. 이렇게 정리된 지면반력 신호를 Rectangular window 함수를 적용해 신호를 조절하였다. 그 다음, 신호에 내재된 노이즈 제거를 위해 저역 Butterworth 필터링을 적용하였다. 필터링 시 차단 주파수(cut-off)를 결정하기 위해 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 각 동작(trial)에 대해 실시했으며, 주파수로 전환된 신호에 대해 PSD(Power Spectral Density)를 계산하였다. PSD 성분은 총 파워의 비율로 표준화하였다. 누적된 PSD의 99.9%수준은 각 신호 특성의 대표적인 것으로 간주해 차단주파수 준거로 사용하였다. 이런 절차에 의해

필터링된 신호는 세 구간으로 나누어 분석하였고, 좌우, 전후 방향 지면반력의 신호 값도 같은 방법으로 처리하였다. 정리된 지면반력 신호를 이용하여 다음 공식으로 좌우·전후 방향의 압력 중심 위치와 유리토크를 계산하였다(Ryu, 2010b).

- 1) 좌우 방향의 압력 중심 위치 : $COP_x = M_y / F_z$
- 2) 전후 방향의 압력 중심 위치 : $COP_y = M_z / F_z$
- 3) 유리토크 : $T_z = M_z + (F_x \times COP_y) - (F_y \times COP_x)$

이렇게 계산된 결과를 이용해 학다리서기 세 구간의 COP 움직임 범위와 유리토크 범위를 산출하였으며, COP 범위는 시간 함수에 대한 크기의 폭으로 계산하였고, COP 속도는 COP를 시간으로 미분한 값의 평균속도와 최대 속도를 살펴보았다(Ryu, 2010b).

또한, 신체 분절과 관절에 부착한 마커에 대한 3차원 값은 소프트웨어(Qualisys, Inc)를 이용해 NLT(non-linear transformation) 기법으로 수집되었으며, 마커들은 Track Manager 프로그램(Qualisys, Inc)을 통하여 분석되었다. 이렇게 얻은 좌표는 주파수 분석을 실시하여 차단 주파수를 산출한 후 차단주파수를 결정하였으며, 4차 Butterworth 반복 필터를 이용하여 저역 필터링하였다(Ryu, 2009). 정확한 인체측정학 모델을 기준으로 각 분절의 근위와 원위에 해당하는 신체 부위에 부착한 마커와 기저면 확인을 위해 부착한 마커(toe, heel & metatarsal-phalangeal joint)의 좌표값을 이용하여 COM과 BOS 중심 사이의 거리를 <Figure 2>와 같이 산출하였다(Winter et al., 1998; Lugade, 2011).

4) COM

$$x_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i x_i}{\rho}$$

$x_i = i$ 번째 분절의 COM
 $n =$ 분절의 수
 $\rho = i$ 번째 분절의 총 신체 질량의 비

$$y_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i y_i}{\rho}$$

$y_i = i$ 번째 분절의 COM
 $n =$ 분절의 수
 $\rho = i$ 번째 분절의 총 신체 질량의 비

5) BOS 중심 <Figure 2>

$$COL(\text{center of line}) = (X_2 + (X_1 - X_2)/2, Y_2 + (Y_1 - Y_2)/2)$$

$$COT(\text{center of triangle}) = (X_3 + (COL_X - X_3) \times 2/3, Y_3 + (COL_Y - Y_3) \times 2/3)$$

$$BOS \text{ 중심} = (X_4 + (COT_X - X_4) \times 3/4, Y_4 + (COT_Y - Y_4) \times 3/4)$$

6) COM과 BOS 중심 사이의 거리는 COM x, y 좌표와 BOS 중심 x, y 좌표를 이용하여 산출하였다.

본 연구는 연구 대상자 간에 학다리서기 세 구간의 시간이 일정하지 않으므로 산출된 모든 변인들의 비교를 위하여 구간별 시간을 100%로 가정하여 비교하였으며, 그 간격을 동일 프레임수로 나누는 표준화 기법(normalization)을 사용하였다.

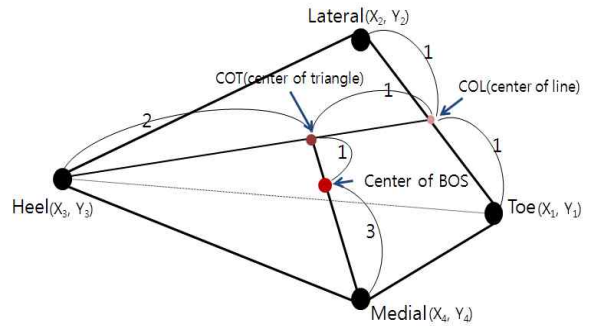


Figure 2. Center of BOS.

학다리서기 시 우수·비 우수순수 간에 따라 나타나는 파라메타들의 차이를 보기 위하여 독립표본 t-test를 활용하였으며, 이 때 모든 통계적 측정은 $\alpha=.05$ 수준에서 이루어졌다.

4. 분석구간

본 연구에서 대상자들이 실시한 학다리서기 동작의 용이한 분석을 위하여 4개의 Event와 3개의 Phase로 <Figure 3>과 같이 구분하였다.



Figure 3. Event and Phase.

1) Event 설정

- (1) Event 1 : 학다리서기 전 동작 완료 순간(주춤서기)
- (2) Event 2 : 오른발이 지면에서 떨어지는 순간
- (3) Event 3 : 오른발이 왼발 무릎에 붙는 순간(학다리서기)
- (4) Event 4 : 손동작 완료 순간(금강막기)

2) Phase 설정

- (1) Phase 1 (준비구간) : 학다리서기 바로 전 동작의 완료 순간부터 오른발이 지면에서 떨어지는 순간까지
- (2) Phase 2 (실지구간) : 오른발이 지면에서 떨어진 순간부터 왼 무릎 안쪽에 붙는 순간까지
- (3) Phase 3 (지탱구간) : 학다리서기 완료 순간부터 손동작(금강막기)이 완료되는 순간까지

Ⅲ. 결 과

앞에 서술한 방법으로 태권도 학다리서기는 준비구간, 실시 구간 그리고 지탱구간으로 나누어 구간별 두 집단 간에 좌우, 전후 방향의 COP 범위와 속도, 유리토크 범위, 유리토크 RMS 를 산출하였다(Figure 4-9).

이들 결과에 의하면, 학다리서기 준비구간의 경우, 좌우 COP 범위에서 우수선수가 8.7 cm, 비 우수선수가 8.9 cm로 비 우수 선수가 약간 넓게 움직였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 전후 COP 범위에서는 우수선수 3.2 cm, 비 우수선수 4.1 cm로 $p=0.03$ 수준에서 통계적 유의한 차이가 나타났다. 또한, 우수·비 우수선수에 대한 유리토크 범위와 유리토크 RMS에서는 각각 8.5 cm, 9.3 cm와 2.4 cm, 3.0 cm로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 한편, 두 집단에 대한 좌우 COP 최대속도에서는 20.1 m/s, 23.9 m/s로 $p=0.02$ 수준에서 통계적 유의한 차이를 보였고 전후 COP 평균속도에서도 10.9 m/s, 14.4 m/s로 $p=0.001$ 수준에서 통계적 유의한 차이가 나타났다. 반면, 전후 COP 최대속도와 평균속도에서는 각각 20.5 m/s, 24.4 m/s와 15.6 m/s, 18.6 m/s로 나타났으나, 통계적으로는 유의한 차이가 없었다.

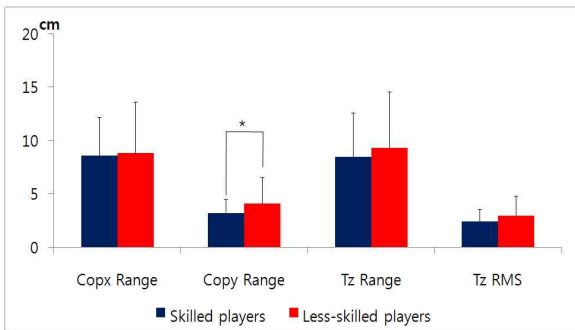


Figure 4. Mean & SD of COP range in the medio-lateral and antero-posterior, ground reaction torque range, ground reaction torque RMS by different level players at first phase(*means $p<0.05$).

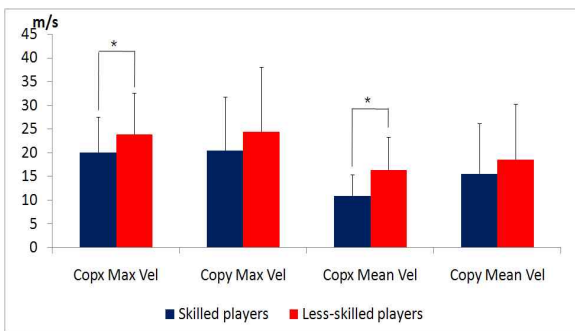


Figure 5. Mean & SD of COP maximum and mean velocity in the medio-lateral and antero-posterior by different level players at first phase.

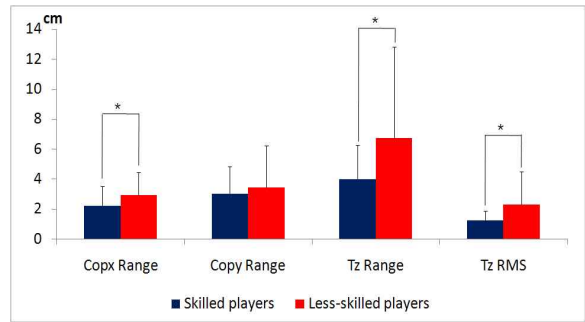


Figure 6. Mean & SD of COP range in the medio-lateral and antero-posterior, ground reaction torque range, ground reaction torque RMS by different level players at second phase.

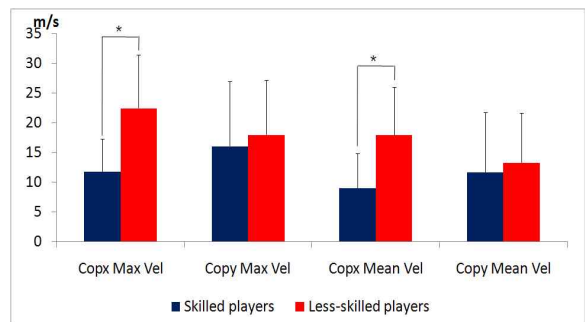


Figure 7. Mean & SD of COP maximum and mean velocity in the medio-lateral and antero-posterior by different level players at second phase.

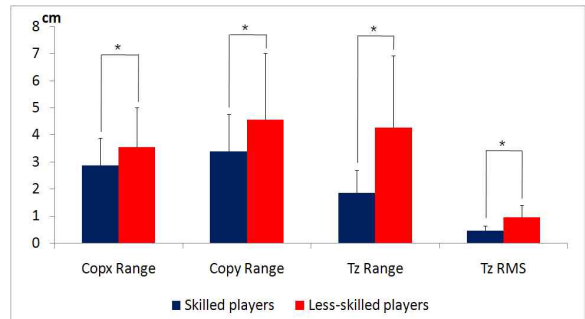


Figure 8. Mean & SD of COP range in the medio-lateral and antero-posterior, ground reaction torque range, ground reaction torque RMS by different level players at third phase.

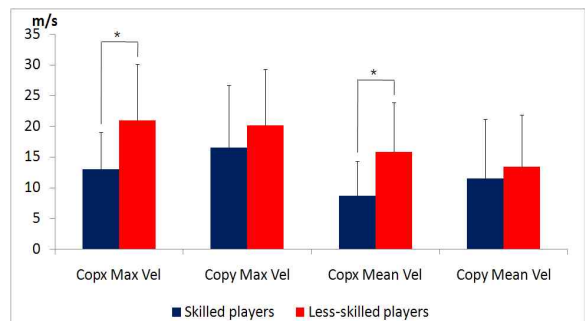


Figure 9. Mean & SD of COP maximum and mean velocity in the medio-lateral and antero-posterior by different level players at third phase.

준비구간에 이어 오른발이 지면에서 떨어져 왼 무릎 안쪽에 붙는 학다리서기 실시구간의 경우, 좌우 COP 범위에서 우수선수가 2.2 cm, 비 우수선수가 2.9 cm로 $p=.009$ 수준에서 통계적 유의한 차이를 보였으나, 전후 COP 범위에서는 3.0 cm, 3.4 cm로 통계적 유의한 차이가 없었다. 한편, 우수·비 우수선수에 대한 유리토크 범위는 4.0 cm, 6.7 cm로 $p=.004$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났고 유리토크 RMS는 1.2 cm, 2.3 cm로 $p=.001$ 수준에서 통계적 유의한 차이가 확인되었다.

또한, 두 집단에 대한 좌우 COP 최대속도와 평균속도는 각각 11.8 m/s, 22.5 m/s와 9.0 m/s, 18.0 m/s로 $p=.001$ 수준에서 통계적 유의한 차이가 나타났지만, 전후 COP 최대속도와 평균속도는 각각 16.1 m/s, 18.0 m/s와 11.7 m/s, 13.3 m/s로 통계적 유의한 차이가 없었다.

세 번째 구간으로 학다리서기에서 금강막기를 천천히 실시하는 지탱구간의 경우, 우수·비 우수선수에 대한 좌우 COP 범위에서는 각각 2.9 cm, 3.6 cm로 $p=.007$ 수준에서 통계적 유의한 차이가 나타났으며, 전후 COP 범위에서는 각각 3.4 cm, 4.6 cm로 $p=.004$ 수준에서 통계적 유의한 차이가 확인되었다. 또한, 유리토크 범위에서 우수 1.8 cm, 비 우수 4.3 cm로, 유리토크 RMS에서 우수 0.5 cm, 비 우수 0.9 cm로 두 변인 모두 $p=.001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 한편, 두 집단에 대한 좌우 COP 최대속도와 평균속도에서는 각각 13.0 m/s, 20.9 m/s와 8.6 m/s, 15.8 m/s로 두 변인 모두 $p=.001$ 수준에서 통계적 유의한 차이가 나타났지만 전후 COP 최대속도와 평균속도에서는 각각 16.5 m/s, 20.0 m/s와 11.4 m/s, 13.4 m/s로 통계적 유의한 차이가 없었다. 이때 세 구간에서 나타나는 공통적인 특징은 두 집단에 대한 좌우 방향의 COP 범위와 최대속도, 평균속도에서 통계적으로 유의한 차이가 있음을 나타냈다.

한편, 구간별 우수·비 우수선수 간에 학다리서기의 안정성 차이를 살펴보고자 COM과 BOS 중심 사이 거리의 평균값 <Figure 10>을 산출하였고, 시간에 따른 COM과 BOS 중심 좌표의 변화패턴을 <Figure 11-13>과 같이 나타내었다.

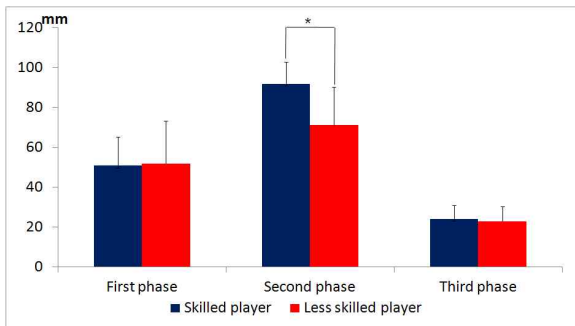


Figure 10. Mean & SD of Distance of COM and center of BOS by different level players.

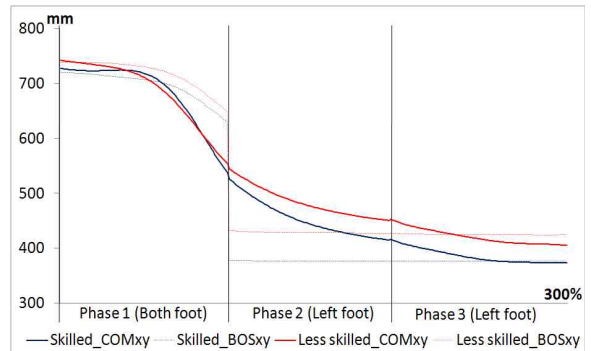


Figure 11. Pattern of change of COMxy and center of BOSxy by different level players.

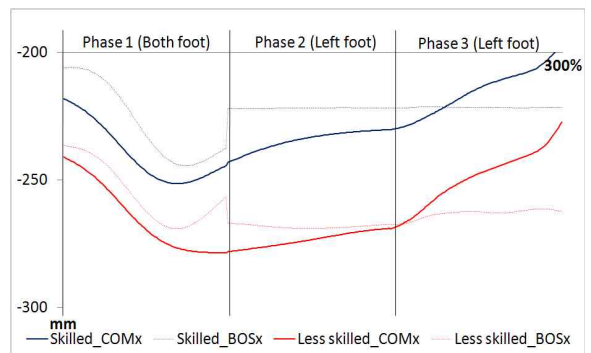


Figure 12. Pattern of change of COMx and center of BOSx by different level players.

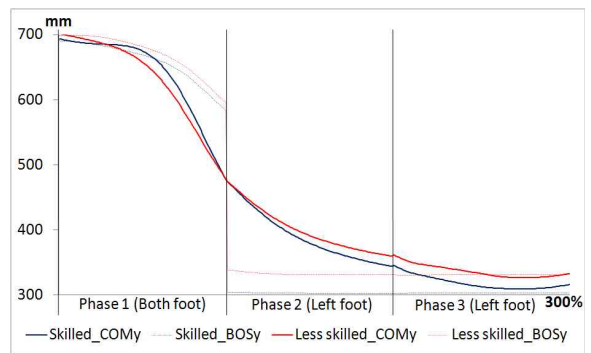


Figure 13. Pattern of change of COMy and center of BOSy by different level players.

학다리서기 준비구간의 경우 우수·비 우수선수에 대한 COM과 BOS 중심 사이 거리의 평균값이 각각 5.1 cm, 5.2 cm로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 학다리서기 실시구간의 경우에는 COM과 BOS 중심 사이 거리의 평균값이 우수선수가 9.2 cm, 비 우수선수가 7.1 cm로 $p=.001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다. 마지막으로 학다리서기 지탱구간의 경우에는 우수·비 우수선수에 대한 COM과 BOS 중심 사이 거리의 평균값이 각각 2.4 cm, 2.3 cm로 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

IV. 논 의

본 연구는 태권도 금강품새 학다리서기 동작의 우수·비 우수선수 간 균형성 차이를 관찰하기 위하여 오른발이 지면에서 떨어지기 직전까지 양발을 지지하고 있는 준비구간과 지면에서 떨어진 오른발을 왼 무릎 안쪽에 가볍게 붙이는 실시구간, 그리고 손동작을 약 6~8초간 실시하면서 학다리서기를 유지하는 지탱구간으로 나누어 분석하였다. 본 연구에서는 균형성 판단 요인으로 COP 움직임 범위와 속도, 유리토크의 범위와 RMS 등을 정량화하여 비교하였다.

우선, 서기 동작의 안정성과 관련이 있는(Ryu, 2010b) COP 움직임 범위를 살펴보면 1구간은 전후 방향, 2구간은 좌우 방향, 3구간은 전후·좌우 방향에서 비 우수 집단이 우수 집단보다 통계적으로 유의하게 큰 폭으로 움직임을 보였다. 이런 결과로 볼 때 비 우수 집단은 학다리서기 1구간에서 전후 방향, 2구간에서는 좌우 방향으로 동작이 불안정한 상태임을 짐작할 수 있으며, 가장 눈에 띄는 구간은 외발로 약 6~8초 간 지탱하는 3구간으로써, 전후·좌우 방향으로 동작이 불안정한 상태임을 판단할 수 있다. 따라서 안정적이고 성공적인 학다리서기를 실시하기 위해서는 균형성 있는 동작의 구사가 무엇보다도 중요하리라 판단된다. 이를 위하여 외발서기를 이용한 균형성 훈련뿐만 아니라 신체가 움직이는 동적 상태에서도 자세를 유지할 수 있는 하지 근력 등을 강화시켜야 할 것으로 사료된다. 특히 학다리서기를 실시하는 2구간에서 좌우 방향으로 COP범위의 폭이 크게 나타난 비우수자들은 자세 흔들림의 제어를 위하여 고관절의 내외전근들을 강화하는 훈련이 필요할 것으로 보인다(Winter et al., 1996). 두 번째 수직축과 관련해 자세 조절 메카니즘과 관련이 있는(Verkindt, Dalleau, Leroyer, & Allard, 2009) 유리토크의 경우 1구간은 통계적으로 유의한 차이점이 나타나지 않았지만, 2, 3구간은 유리토크 범위와 RMS 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이와 같은 결과는 양발을 지지하는 1구간에서는 두 집단 모두 자세조절에 어려움이 없다고 판단되나, 외발로 지지하는 2, 3구간에서는 우수선수가 비 우수선수에 비해 자세조절 능력이 뛰어난 것으로 판단된다. 마지막으로 안정성을 유지하기 위한 근 활동량을 반영하는(Ryu, 2010b) COP 속도의 경우 두 집단 간 모든 구간에서 최대속도와 평균속도가 좌우 방향으로 통계적 유의한 차이가 나타난 것으로 보아 비 우수선수가 우수선수에 비해 학다리서기 준비과정부터 지탱하는 과정까지 좌우 안정성을 유지하기 위해 요구되는 근 활동량이 많은 것으로 판단되며, 이는 그 만큼 하지근력이 상대적으로 약하다고 볼 수 있다. 이를 구체적으로 규명하기 위해서는 향후 근전도를 이용하여 하지 근 활동량 및 하지 근력과 서기 자세의 균형성 관찰에 관한 연구도 필요하리라 본다.

본 연구는 균형성을 판단하는 또 다른 방법으로 우수·비

우수선수 간 금강품새 학다리서기 동작의 안정성 차이를 살펴보기 위해 COM과 BOS 중심 사이 거리와 그 평균값을 정량화하여 비교하였다.

일반적으로 이동운동인 보행 동작을 살펴보면, 양발이 지면을 딛는 지지구간에서 COM이 BOS 안에 위치해 안정한 상태를 유지하나 한 발로 딛는 스윙 구간에서는 COM이 BOS 밖에 놓여 불안정한 상태가 유지된다고 보고하고 있다(Lugade, Lin & Chou, 2011). 학다리서기 동작이 보행 동작과는 다르지만, 본 연구에서도 학다리서기를 실시하기 전에 양발 지지구간인 1구간에서는 COM이 BOS 안에 위치해 있고, 이 구간에서 COM과 BOS 중심 사이 거리 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 두 집단 모두 양발로 지탱하고 있는 이 구간은 보행의 지지구간과 마찬가지로 안정 상태를 유지해 균형성 확보에 어려움이 없는 것으로 판단된다. 그러나 오른발이 지면에서 떨어져 외발서기가 실시되는 학다리서기 실시구간의 경우에는 위에서 살펴본 COP 범위와 속도, 유리토크의 결과를 통해 이미 언급한 바와 같이 학다리서기 세 구간 모두 우수선수가 비 우수선수에 비해 뛰어난 균형성을 지닌 것으로 나타났음에도 불구하고, 2구간에서 COM과 BOS 중심 사이 거리 평균값은 우수선수가 비 우수선수에 비해 통계적으로 크게 나타났다. 태권도 품새에 대한 안정성과 균형성 평가에 대한 연구가 적은 관계로 선행연구를 인용해 본 연구 결과를 해석하는 것은 한계가 있지만, COM과 BOS 중심 사이에 연구된 결과를 통해 논의가 가능하리라 본다. Lugade, Lin & Chou (2011)는 보행에 불안정성을 보이는 노인이 건강한 성인에 비해 COM과 BOS 중심 사이 거리를 짧게 유지하고 있다는 연구 결과를 발표했는데, 본 연구 또한 근력이 상대적으로 부족하고 균형성이 낮은 노인과 같이 비 우수선수는 자세 유지를 위해 상대적으로 동작을 조심스럽게 수행한 움직임의 보상 때문이라 판단된다. 즉 앞서 언급된 바와 같이 2구간에서 COP의 속도에서 두 집단 간 차이가 있듯이 비 우수선수가 우수선수에 비해 지지발의 하지 근력 열세에 따른 동적 자세조절 능력이 상대적으로 부족해 흔들림이나 불균형에 대한 심리적인 부담이 큰 결과 다리를 끌어 올리는 동작이 신체에 보다 가깝게 이루어진 것으로 예측된다(Lugade, Lin & Chou, 2011). 좀 더 명확한 판단을 위해서 COP 변인과 COM 변인과의 관계, 실제 동작의 크기, 하지 근력 등과 관련해 향후 더 구체적으로 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다. 신체는 움직임 시 COM이 BOS에서 떨어지면 떨어질수록 넘어지게 되는데, 이를 방지하기 위해서 균형감각 기관으로부터의 인체 정보를 바탕으로 각각 관절에 토크가 전달되어 COM을 지지면 안으로 이동시키거나 발을 이동하여 지지면을 넓히는 등 균형 유지 동작을 취한다. 이 균형 동작을 취하는 능력은 각 개인의 감각계의 통합과 협응된 근 수축의 결과에 좌우된다고 볼 때 (Ellen & Katharine, 1987) 우수선수가 비 우수선수보다 COM과

BOS 사이의 거리가 넓지만 신체 감각계와 운동계가 앞서 동작을 과감하게 수행한 결과가 아닌가도 추측할 수 있다. 이 또한 향후 연구되어야 할 과제라 생각된다.

마지막으로 학다리서기 지탱구간을 살펴보면 두 집단 간의 COM과 BOS 중심 사이 거리 평균값은 통계적인 차이가 없었으나, 학다리서기 지탱구간인 3구간에서 우수선수는 비 우수선수에 비해 COM이 BOS 중심에 일치하고 있다. 이를 통해 정적인 외발서기 자세에서는 우수선수가 비 우수선수에 비해 안정된 상태를 짐작할 수 있다.

태권도 품새 동작에 대한 역학적 접근은 미흡한 실정이라 선행 연구를 통한 해석상의 한계는 있지만, 태권도 학다리서기 동작의 균형성을 분석하여 안정성을 판단한 연구 결과를 종합해 보면, 자세준비 구간부터 한 발 지탱구간까지 전반적으로 우수선수는 비 우수선수에 비해 균형성이 앞선 것으로 관찰되었다. 따라서 학다리서기를 성공적으로 수행하기 위해서는 무엇보다도 자세의 안정성을 유지하면서 동작을 실시해야 할 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 태권도 품새 우수선수 5명, 비 우수선수 5명을 대상으로 금강품새 학다리서기를 세 구간으로 나누어 COP의 움직임 범위와 속도, 유리토크의 변동 범위 그리고 COM과 BOS의 중심 사이 거리를 분석하여 동작의 균형성을 판단하고자 하였다. 분석 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 양발지지구간인 학다리서기 준비구간에서는 우수·비 우수선수 간에 COP 전후 범위와 좌우 최대, 평균 속도가 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 둘째, 외발지지구간인 학다리서기 실시구간에서는 두 집단 간에 COP 좌우방향의 범위와 최대속도, 평균속도, 유리토크의 범위와 유리토크의 RMS가 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으나, COM과 BOS 중심 사이 거리는 짧게 나타났다. 셋째, 마지막 학다리서기 지탱구간에서는 우수·비 우수선수 간에 COP 전후·좌우 방향의 범위와 최대속도, 평균속도, 유리토크의 범위와 RMS가 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

향후 이와 관련된 연구에서 태권도 서기자세의 균형성과 하지 근 활동량 및 하지 근력 등과의 관계를 살펴볼 필요성이 요구되며, 태권도 품새 경기의 승패에 결정적인 영향을 미치는 동작에 대한 다양한 접근과 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

Choi, C. S.(2004). *Comparative study of the impact forces on*

target distance and punching types during Taekwondo punching motions. master's paper of Seoul National University.

Chung, C. S., Joe, Y. S. & Bae, S. J.(1994). Stability analysis of one foot standing motion in Korean Dance. *Journal of the Institute of Sport Science of Seoul National University*, 15(2), 75-89.

Deun, S. V., Staes, F. F., Stappaerts, K. H., Janssens, L., Levin, O. & Peers, K. K.(2007). Relationship of chronic ankle instability to muscle activation patterns during the transition from double-leg to single-leg stance. *American Journal of Sports Medicine*, 35(2), 274-281.

Doyle, R. J., Hsiao-Wechsler, E. T., Ragan, B. G. & Rosengren, K. S.(2007). Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait & Posture*, 25, 166-171.

Ellen, K., & Katharine, M. B.(1987). *Biomechanics C. A Qualitative Approach for Studying Human Movement.* 253-286.

Hahn, T., Foldspang, A., Vestergaard, E., & Ingemann, H. T.(1999). One-leg standing balance and sports activity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9, 15-18.

Jonsson, E., Seiger, A. & Hirschfeld, H.(2004). One-leg stance in healthy young and elderly adults: a measure of postural steadiness? *Clinical Biomechanics*, 19, 688-694.

Karlsson, A., & Frykberg, G.(2000). Correlations between force plate measures for assessment of balance. *Clinical Biomechanics*, 15, 365-369.

Kim, J. H.(2006). *Study on the Developmental Direction of Taekwondo Poomsae Championship.* Master's paper of Korea National Sport University.

King, D. L., & Zatsiorsky, V. M.(2002). Periods of extreme ankle displacement during one-legged standing. *Gait & Posture*, 15, 172-179.

Ko, K. H.(2007). *Analysis Taekwondo double knife-hand body block movement mechanics.* Master's paper of Yongin University.

Koo, B. H.(2010). *Kinetic comparison between Taekwondo Apkubi stance and Jungul stance.* Master's paper of Kyunghee University.

Korea Taekwondo Association(2010). *Poomsae Competition Rules & Interpretation.*

Kukkiwon(2006). *Taekwondo Textbook* Seoul: Osung.

Lafond, D., Duarte, M. & Prince, F.(2004). Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *Journal of Biomechanics*, 37, 1421-1426.

- Lee, H. S.(2007). *Kinetic analysis for difference type of Taekwondo Apgubi(forward stance)*. Master's paper of Yongin University.
- Lugade, V., Lin, V., & Chou, L. S.(2011). Center of mass and base of support interaction during gait. *Gait & Posture*, doi:10.1016/j.gaitpost.2010.12.13.
- Mak, M. K., & Ng, P. L.(2003). Mediolateral sway in single-leg stance is the best discriminator of balance performance for Tai-Chi practitioners. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 683-686.
- Mao, D. W., Li, J. X. & Hong, Y.(2006). The duration and plantar pressure distribution during one-leg stance in Tai Chi exercise. *Clinical Biomechanics*, 21, 640-645.
- Pai, Y. C., & Patton, J.(1997). Center of mass velocity- position predictions for balance control. *Journal of Biomechanics*, 30(4), 347-354.
- Park, Y. C.(2007). *Analysis on biomechanics of Taekwondo body punch in horseback-riding stance*. Master's paper of Yongin University.
- Rocchi, L., Chiari, L., & Cappello, A.(2004). Feature selection of stabilometric parameters based on principal component analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 42, 71-79.
- Ryu, J. S.(2009). The temporal coordination of the lower extremity by increasing high-heel height during walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 593-601.
- Ryu, J. S.(2010a). Difference of shoe, dress shoe, and barefoot's impact factors during walking. *The Korean Journal of Physical Education*, 49(1), 445-455.
- Ryu, J. S.(2010b). Effects of quiet standing and walking with high-heeled shoe on the balance. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(4), 479-486.
- Suponitsky, Y., Verbitsky, O., Peled, E., & Mizrahi, J.(2008). Effect of selective fatiguing of the shank muscles on single-leg-standing sway. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 18, 682-689.
- Verkindt, C., Dalleau, G., Leroyer, P. & Allard, P.(2009). *Quiet standing balance in pre-adolescent girls and woman*. International Society of Biomechanics XXIIInd Congress Proceedings.
- Yang, D. Y.(1977). *A study on the stability of Taekwondo kicks*. master's paper of Seoul National University.
- Youm, C. H., Park, Y. H. & Seo, K. W.(2008). Assessment of single-leg stance balance using COP 95% confidence ellipse area. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(2), 19-27.
- Winter, D. A., Prince, F., Frank, J. S., Powell, C. & Zabjeck, K. F.(1996). Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *Journal of Neurophysiology*, 75, 2334-2343.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Prince, F., Ishac, M. & Giolo-Perczak, K.(1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of Neurophysiology* 80, 1211-1221.